

Pengolahan Limbah Padat Tapioka Menjadi Etanol dengan Menggunakan *Aspergillus niger*,
Bacillus licheniformis dan *Saccharomyces cerevisiae*, A. Rinanti et al.,
 JTL Vol. 7 No. 1 Juni 2015, 17 - 23

PENGOLAHAN LIMBAH PADAT TAPIOKA MENJADI ETANOL DENGAN MENGGUNAKAN *Aspergillus niger*, *Bacillus licheniformis* DAN *Saccharomyces cerevisiae*

Astri Nugroho, Edison Effendi, Tika Novaria

Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti, Jl Kyai Tapa No.1, Jakarta 11440, Indonesia

astririnanti@trisakti.ac.id

Abstrak

Limbah padat tapioka merupakan hasil samping dari pengolahan tepung tapioka berupa ampas dan banyak mengandung karbohidrat yang dapat dikembangkan manfaatnya dengan cara mengolah limbah tersebut melalui proses hidrolisis asam dan fermentasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai C/N sebagai cara untuk mengetahui laju dekomposisi bahan organik dan mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dari proses hidrolisis dan fermentasi pada limbah padat tapioka. Hidrolisis dilakukan dengan menggunakan 1.5% 1M H₂SO₄. Fermentasi dilakukan dengan variasi mikroorganisme 10% dan 20% secara *mixed culture* menggunakan *Bacillus licheniformis*, *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae* pada limbah padat tapioka 50 gr, 100 gr, 150 gr dan 200 gr. Kadar etanol tertinggi pada variasi mikroorganisme 10% terjadi pada substrat 50 gr jam ke-120 yaitu 4.40% dengan jumlah mikroorganisme 2.29×10^{17} koloni/ml, pH = 4.60, nilai C/N = 36.43. Pada variasi mikroorganisme 20%, kadar etanol tertinggi terjadi pada substrat 50 gr jam ke-120 yaitu 3.26%, jumlah mikroorganisme 1.82×10^{17} koloni/ml, pH = 3.70, nilai C/N = 49.33. Nilai kinetika pada limbah padat tapioka 50 gr, $\mu = 0.003206 - 0.009712$ 1/jam, $\mu_m = 0.00006120$ /jam, Ks = 1036.78 mg/l, Y = 23.79, q = 0.000135 - 0.000408 1/jam, Y_T = 23.79 /jam, Y_{obs} = 1.8147 - 5.4977 /jam dan Kd = 0.1296 - 0.1358 /jam. Nilai kinetika pada *mixed culture* 20% pada limbah padat tapioka 50 gr, $\mu = 0.001818 - 0.008016$ 1/jam, $\mu_m = 0.00004288$ /jam, Ks = 965.94 mg/l, Y = 7.27, q = 0.000250 - 0.001103 1/jam, Y_T = 7.27 /jam, Y_{obs} = 0.0961 - 0.4235 /jam dan Kd = 0.1296 - 0.1358 /jam.

Kata kunci: Limbah padat tapioka, Bioethanol, Fermentasi, *Aspergillus niger*, *Bacillus licheniformis*, *Saccharomyces cerevisiae*

Abstract

Tapioca Waste Treatment becoming Ethanol using *Aspergillus niger*, *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces cerevisiae*. Tapioca solid waste is a by product of processing waste in the form of tapioca flour and a lot of carbohydrates that can be developed in a way beneficial to process waste through the process of acid hydrolysis and fermentation. This study aims to know the value of C/N as a way to know the rate of decomposition of organic materials and know the level of ethanol produced from the hydrolysis and fermentation processes on solid waste of tapioca. Hydrolysis carried out by using 1.5% 1M H₂SO₄. Fermentation of microorganisms is done by variation 10% and 20% in *mixed culture* with *Bacillus licheniformis*, *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* in solid waste tapioca 50 gr, 100 gr, 150 gr and 200 gr. The highest ethanol content in microorganisms variation occurs in 10% 50 g substrate to 120 hours is 4.40% with the number of microorganisms 2.29×10^{17} colony/ml, pH = 4.60, the value of C/N = 36.43. In a variation of microorganisms 20%, the highest ethanol content occurs in the substrate 50 grams to 120 hours is 3.26%, the number of microorganisms 1.82×10^{17} colony/ml, pH = 3.70, the value of C/N = 49.33. Value of the kinetics of solid waste 50 gr tapioca, $\mu = 0.003206 - 0.009712$ 1/hour, $\mu_m = 0.00006120$ /hour, Ks = 1036.78 mg/l, Y = 23.79, q = 0.000135 - 0.000408 1/hour, Y_T = 23.79 /hour, Y_{obs} = 1.8147 - 5.4977 /hour

and $K_d = 0.0323 - 0.0388$ /hour. Value of the kinetics of *mixed culture* at 20% solids 50 g tapioca, $\mu = 0.001818 - 0.008016$ 1/hour, $\mu_m = 0.00004288$ /hour, $K_s = 965.94$ mg/l, $Y = 7.27$, $q = 0.000250 - 0.001103$ 1/hour, $Y_T = 7.27$ /hour, $Y_{obs} = 0.0961 - 0.4235$ /hour and $K_d = 0.1296 - 0.1358$ /hour.

Keywords : Solid Waste Of Tapioca, Bioethanol, Fermentation, *Aspergillus niger*, *Bacillus licheniformis*, *Saccharomyces cerevisiae*

1. Pendahuluan

Di Indonesia, singkong atau tapioka merupakan bahan pangan yang banyak diproduksi dan termasuk sebagai negara penghasil singkong terbesar ketiga (13.300.000 ton). Berdasarkan data Ditjen Tanaman Pangan Departemen Pertanian tahun 2007, produksi singkong adalah 18,9 juta ton. Pada proses pengolahan singkong menjadi tepung tapioka dihasilkan limbah padat tapioka (onggok) sekitar 2/3 bagian atau sekitar 75% dari bahan mentahnya dengan kandungan karbohidrat singkong mencapai 72,49%-85,99% (Asngad, 2005). Menurut hasil pengamatan yang dilakukan di Sekolah Menengah Analisis Kimia, Bogor pada onggok PT. Naga Mas Lestari, Cibinong, Bogor nutrisi kandungannya adalah : 40.40 % karbohidrat, 21.33% protein, 1.09 % lemak, 1.67% abu, 10.38 % air. Onggok merupakan bahan sumber energi yang mempunyai kadar protein kasar rendah, tetapi kaya akan karbohidrat yang mudah dicerna bagi ternak.

Dalam rangka upaya mengurangi limbah padat yang dihasilkan dari industri tapioka dan agar dapat dimanfaatkan kembali serta bernilai lebih ekonomis, limbah padat tapioka dapat dijadikan salah satu bahan baku sebagai bioetanol. Etanol dikenal sebagai bahan pelarut, bahan anti septik, bahan baku pembuatan eter, minuman dan bahan bakar alternatif pengganti bensin.

Proses bioetanol dengan bahan baku yang mengandung pati atau karbohidrat dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi glukosa. Selain dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, bioetanol juga dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung selulosa. Limbah padat tapioka mempunyai potensial untuk dimanfaatkan dalam menghasilkan etanol karena mengandung selulosa (24.99% w/w), hemiselulosa (6.67% w/w) dan *strach* (61% w/w) (Fungsin, 2007).

Untuk memproduksi bioetanol dari material selulosa diperlukan proses hidrolisis yang bertujuan untuk memecah selulosa dan hemiselulosa menjadi monosakarida (glukosa & xylosa) yang selanjutnya difermentasi menjadi etanol. Secara umum teknik hidrolisis dibagi menjadi dua yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis dengan enzim. Hidrolisis asam dapat dilakukan dengan menambahkan H_2SO_4 atau HCl. Hidrolisis pati dengan asam memerlukan suhu tinggi yaitu 120-160°C.

Aspergillus niger merupakan mikroba mesofilik, suhu maksimum pertumbuhan 35-37°C dan pH = 2.0-8.5 tetapi pertumbuhan akan lebih baik pada kondisi pH yang rendah. *Aspergillus niger* menghasilkan enzim amilase yang dapat menguraikan pati (amilum) menjadi glukosa (Susanti dkk, 2008). *Bacillus licheniformis* bakteri anaerobik fakultatif

dengan suhu optimum = 50-55°C, suhu minimumnya 15°C menghasilkan enzim α -amilase yang mampu menghidrolisis molekul pati menjadi molekul yang lebih sederhana seperti dekstrin, maltosa, dan glukosa. *Saccharomyces cerevisiae* dengan kisaran pH pertumbuhan = 1.5-8.5. Namun lebih cocok tumbuh pada kondisi asam, yaitu 4-4.5 dan suhu yang cocok = 28-35°C (Chonvatana, 2008). *Saccharomyces cerevisiae* biasa digunakan dalam *batch fermentation* untuk mengubah gula menjadi etanol

Fermentasi adalah peruraian senyawa organik menjadi senyawa sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi. Glukosa yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan etanol.

Dengan persamaan reaksi gula :



Secara teori 100 gram glukosa akan menghasilkan 51.4 gram etanol dan 48.8 gram CO₂ (Bagder, 2002)

2. Metode

Alat. Fermentor, Piknometer, Alat destilasi. Cawan petri. Refraktrometer.

Bahan. Limbah padat tapioka (PT. Naga Mas Lestari, Cibinong, Bogor), Aquades steril, Medium padat NA dan PDA, Medium cair NB dan DB, Untuk analisis N_{total} diperlukan batu didih, HgO, K₂SO₄, indikator Phenol Pthalein, NaOH, Na₂S₂O₃, H₃BO₃, H₂SO₄.

Penelitian ini menggunakan limbah padat tapioka dengan variasi konsentrasi massa yang akan diujikan yaitu 50 gr, 100 gr,

150 gr, 200 gr. Berikut adalah tahapan yang dilakukan pada penelitian ini :

Hidrolisis dan Netralisasi Asam

- Hidrolisis bertujuan untuk memecah selulosa dan hemiselulosa menjadi monosakarida (glukosa)
- Limbah padat tapioka ditambahkan aquades dengan perbandingan 1:4 (b/v)
- Pada larutan ditambahkan 1.5 % 1 M H₂SO₄
- Kemudian dipanaskan pada suhu 120°C selama 30 menit
- Hasil hidrolisis ditambahkan 1 M NaOH yang dimaksudkan untuk menjaga kondisi pH pada proses fermentasi

Fermentasi

- Hasil hidrolisis yang telah dinetralisasi dengan 1 M NaOH, dilanjutkan dengan proses fermentasi
- Fermentasi dilakukan pada fermentor yang bertujuan menyediakan kondisi lingkungan yang cocok bagi mikroorganisme yang ada di dalamnya. Fermentor berkapasitas 2 Liter dan diberi laju udara serta diaduk dengan *mixer*
- Mikroorganisme yang digunakan adalah *Aspergillus niger*, *Bacillus licheniformis* dan *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi konsentrasi 10% dan 20%
- Fermentasi dilakukan selama 120 jam dengan pengambilan sampling setiap 12 jam dan dilakukan pada suhu kamar
- Analisis yang dilakukan pada tahap fermentasi adalah derajat keasaman (pH), nilai C/N, kadar gula dan jumlah mikroorganisme

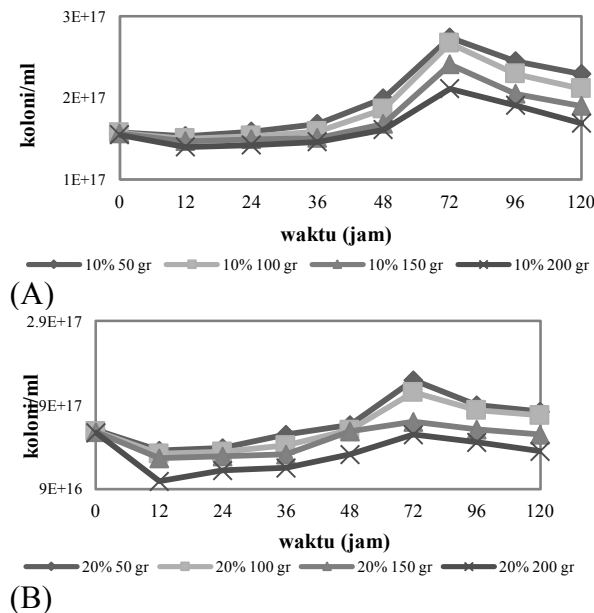
Destilasi

- Unit destilasi berfungsi untuk memisahkan etanol dari cairan lain khususnya air.
- Titik didih etanol pada suhu 78°C lalu proses destilasi ini berlanjut dengan mengalirkan uap zat cair melalui kondensor lalu hasilnya ditampung dalam wadah

Analisis sampel dilakukan pengukuran kadar etanol dengan metode *specific gravity*, pengukuran terhadap C_{organik} secara gravimetri, pengukuran N_{total} dengan metode Kjeldahl, pengukuran kadar Gula dengan Refraktrometer, jumlah biomassa dengan *Total Plate Count* (TPC).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Mikroorganisme ditentukan dengan perhitungan *Total Plate Count*

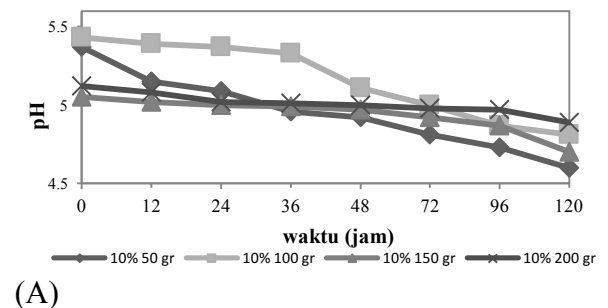


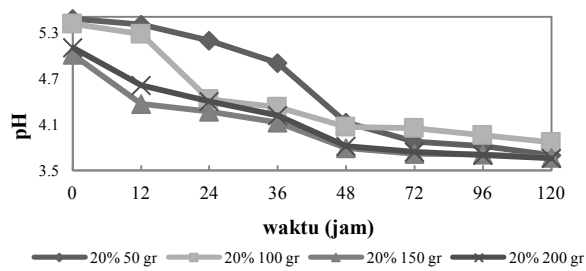
Keterangan: A = variasi mikroorganisme 10%
 B = variasi mikroorganisme 20%

Gambar 1. Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme

Pada Gambar 1. dapat terlihat pertumbuhan mikroorganisme. Pada jam 0-12, mengalami fase lag dengan penurunan jumlah mikroorganisme. Hal ini disebabkan mikroorganisme menyesuaikan diri terhadap lingkungan baru dan kultur yang dipindahkan dari medium kaya nutrien ke medium yang kandungan nutriennya terbatas hingga adanya mikroorganisme yang mati. Pada jam ke 12-48, mikroorganisme mengalami fase eksponensial, dimana jumlah mikroorganisme mulai meningkat. Fase eksponensial ditandai dengan kecepatan sel membelah diri paling cepat dengan waktu generasi pendek dan konstan. Setelah fase eksponensial, terjadi fase stasioner pada jam ke 48-72 dimana populasi sel mencapai maksimum dan tidak bertambah lagi (Thontowi, 2007), namun populasi masih aktif secara metabolik untuk memproduksi metabolit sekunder (Thontowi, 2007). Setelah itu terjadi fase kematian pada jam 72-120 yang disebabkan adanya perubahan kondisi lingkungan seperti hilangnya sumber nutrien dan adanya hasil buangan metabolisme yang bersifat toksik terhadap pertumbuhan mikroorganisme.

Derajat keasaman (pH) merupakan satu diantara beberapa faktor penting yang mampu mempengaruhi proses pada fermentasi.





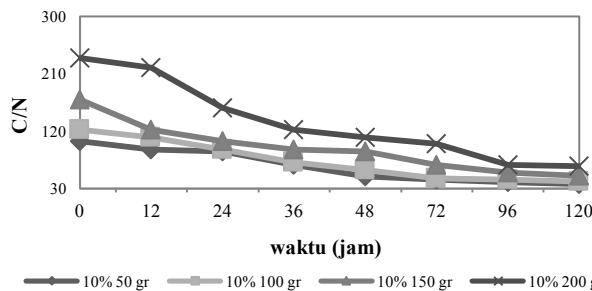
(B)

Keterangan: A = variasi mikroorganisme 10%
 B = variasi mikroorganisme 20%

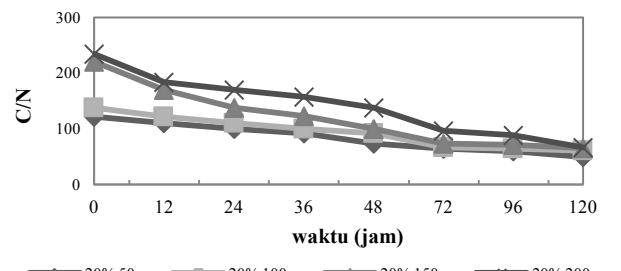
Gambar 2 . Kurva Perubahan Nilai pH

Selama proses fermentasi pH substrat cenderung mengalami perubahan. Hal ini disebabkan adanya pembentukan asam organik sebagai salah satu uraian substrat (Abun, 2006). Menurut Sumanti dkk (2003), penurunan nilai pH terjadi karena terbentuknya asam-asam organik seperti asam piruvat, asam laktat dan asam asetat selama proses fermentasi. Asam-asam tersebut dihasilkan dari pemecahan rantai karbon dari glukosa dan pelepasan atom hydrogen. Nilai pH pada fermentasi limbah padat tapioka berkisar dari 5 hingga 3.

Nilai C/N. Karbon (C) merupakan sumber energi yang dibutuhkan selama proses fermentasi dan unsur N juga diperlukan pada proses fermentasi sebagai sumber pembentukan komponen sel.



(A)



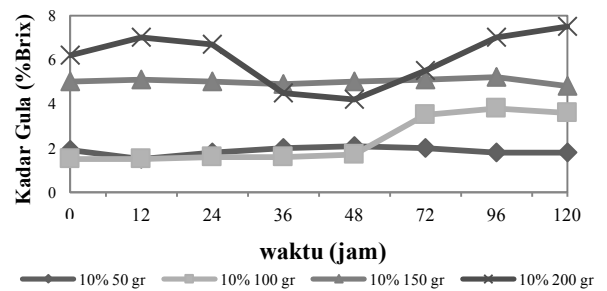
(B)

Keterangan: A = variasi mikroorganisme 10%
 B = variasi mikroorganisme 20%

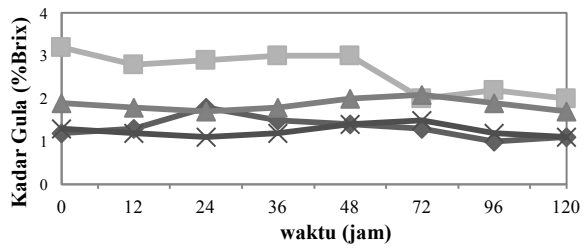
Gambar 3 . Kurva Perubahan Nilai C/N

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai C/N mengalami penurunan. Penurunan nilai C/N disebabkan karena substrat mengalami dekomposisi. $C_{organik}$ dalam substrat sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme sehingga jumlahnya berkurang. Selain itu $C_{organik}$ juga terurai menjadi CO_2 ke udara. N_{total} dalam substrat mengalami peningkatan karena proses dekomposisi substrat oleh mikroorganisme yang menghasilkan ammonia dan nitrogen, sehingga kadar N_{total} meningkat. Dengan menurunnya kandungan $C_{organik}$ dan meningkatnya kandungan N_{total} maka nilai C/N mengalami penurunan.

Kadar Gula. Analisis terhadap kadar gula dilakukan dengan menggunakan alat Refraktrometer.



(A)



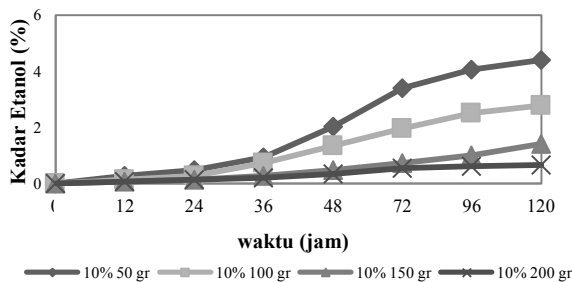
(B)

Keterangan: A = variasi mikroorganisme 10%
 B = variasi mikroorganisme 20%

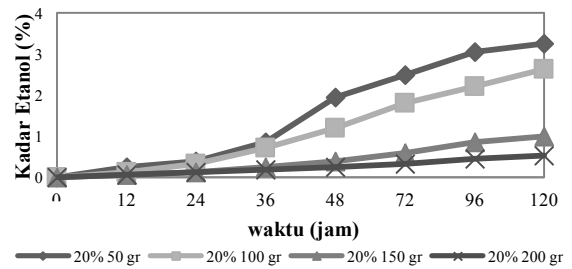
Gambar 4 . Kurva Perubahan Kadar Gula

Pada alat refraktrometer dihasilkan kadar gula (sukrosa) dengan satuan %Brix. Pada variasi mikroorganisme 10% dengan substrat 50 gr dihasilkan kadar gula (sukrosa) yaitu 1.8% yang artinya banyaknya zat terlarut (sukrosa) adalah 1.8% m/m atau terdapat 1.8 gr sukrosa dalam 100 gram larutan. Pada waktu kandungan pati menurun, kandungan sukrosa akan naik, dan sukrosa yang terbentuk akan dipecah menjadi glukosa dan fruktosa. Glukosa yang terbentuk akan digunakan untuk proses respirasi atau diubah menjadi senyawa lain (Noor, 2007).

Kadar Etanol. penentuan kadar etanol menggunakan metode *specific gravity* dengan mengukur berat jenis larutan etanol menggunakan piknometer.



(A)



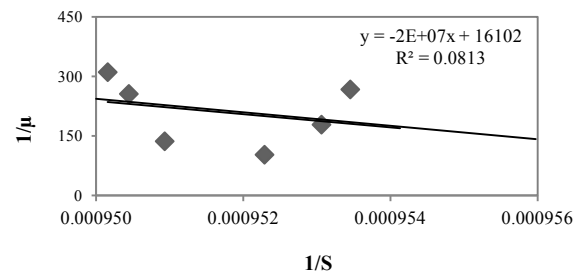
(B)

Keterangan: A = variasi mikroorganisme 10%
 B = variasi mikroorganisme 20%

Gambar 5 . Kurva Perubahan Kadar Etanol

Pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa kadar etanol semakin meningkat dari hari ke hari. Kadar tertinggi didapat pada jam ke-120 dan substrat 50 gr baik pada variasi mikroorganisme 10% maupun 20% yaitu 4.4% dan 3.26%. Kadar etanol dipengaruhi waktu fermentasi (Putri, 2008). Semakin lama waktu yang digunakan pada proses fermentasi maka kesempatan mikroba untuk memecah substrat semakin banyak dan sebaliknya.

Kinetika Degradasi. Nilai parameter *mixed culture* 10% pada limbah padat tapioka 50 gr, nilai μ yang diperoleh berkisar antara $\mu = 0.003206$ - 0.009712 1/jam, dengan $\mu_m = 0.00006210$ 1/jam dan $K_s = 1036.78$ mg/l, $Y = 23.79$, $q = 0.000135 - 0.000408$ 1/jam, $Y_{obs} = 1.8147 - 5.4977$ /jam, $Y_T = 23.79$ /jam dan $K_d = 0.0323 - 0.0388$ /jam.



(A)

- mikroorganisme 10% maupun 20% yaitu 4.40% dan 3.26%.
3. Nilai parameter *mixed culture* 10% pada limbah padat tapioka 50 gr, $\mu = 0.003206 - 0.009712$ 1/jam, $\mu_m = 0.00006120$ /jam, $K_s = 1036.78$ mg/1, $Y = 23.79$, $q = 0.000135 - 0.000408$ 1/jam, $Y_T = 23.79$ /jam, $Y_{obs} = 1.8147 - 5.4977$ /jam dan $K_d = 0.0323 - 0.0388$ /jam.
 4. Nilai parameter *mixed culture* 20% pada limbah padat tapioka 50 gr, $\mu = 0.001818 - 0.008016$ 1/jam, $\mu_m = 0.00004288$ /jam, $K_s = 965.94$ mg/1, $Y = 7.27$, $q = 0.000250 - 0.001103$ 1/jam, $Y_T = 7.27$ /jam, $Y_{obs} = 0.0961 - 0.4235$ /jam dan $K_d = 0.1296 - 0.1358$ /jam.
 5. Nilai k tertinggi diperoleh pada berat limbah padat tapioka 50 gr dengan penambahan konsentrasi mikroorganisme 20% sedangkan nilai k terendah diperoleh pada berat limbah padat 200 gr dengan konsentrasi mikroorganisme 20%
- DAFTAR PUSTAKA**
- [1] Abun. 2006. Makalah Ilmiah Bioproses Limbah Udang Windu Melalui Tahapan Deproteinasi Dan Demineralisasi Terhadap Protein Dan Mineral Terlarut. Jurusan Nutrisi Dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran Jatinangor
 - [2] Asngad, Aminah. 2005. *Perubahan Kadar Protein Pada Fermentasi Jerami Padi Dengan Penambahan Onggok Untuk Makanan Ternak*. Jurusan Pendidikan Biologi FKIP.Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jurnal Penelitian Sains & Teknologi, Vol. 6, No. 1, 2005: 65 – 74
 - [3] Badger, P. C. 2002. *Ethanol From Cellulose : A General Review*. Reprinted From Trends In New Crops And New Uses. ASHS Press, Alexandria, VA.
 - [4] Chongvatana, Dr.Piya. 2006. *Cooling System in Ethanol Plant with Starch Base Feedstock*. Patkol Public Co., Ltd. 348 Chalerm Prakit Rama 9 Rd., Nongbon, Pravate, Bangkok 10250,Thailand. Ashare Journal 2007 – 2008.
 - [5] Fungsin, Budit et al. 2007. *Conversion of Waste Into Sugar Using Aspergillus niger and Trichoderma reesei for Ethanol Production*. Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR). Thailand
 - [6] Noor, Zulafa. 2007. Perilaku Selulase Buah Pisang Dalam Penyimpanan Udara Termodifikasi. STTNAS Yogyakarta. Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007) ISSN : 1978 – 9777
 - [7] Putri, Lily Surayya Eka. Sukandar, Dede. 2008. *Konversi Pati Ganyong (Canna Edulis Ker.) Menjadi Bioetanol Melalui Hidrolisis Asam Dan Fermentasi*.
 - [8] Sumanti, dkk. 2003. Laporan Penelitian Dasar Mempelajari Mekanisme Produksi Minyak Sel Tunggal Dengan Sistem Fermentasi Padat Pada Media Onggok-Ampas Tahu Dengan Menggunakan Kapang *Aspergillus terreus*.Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran
 - [9] Susanti, Evi. Fitria Fenis. Ariyanto, Makhrus. 2008. *Komparasi Teknik Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SFS) dengan Hidrolisis dan Fermentasi Terpisah (HFT) Pada Pembuatan Bioetanol dari Ubi Jalar Putih (Ipomoea Batatas L)*. Universitas Negeri Malang. Malang.
 - [10] Thontowi, Ahmad. Kusmiati. Nuswantara, Sukma. 2007. *Produksi β -Glukan Saccharomyces cerevisiae dalam media Dengan Sumber Nitrogen Berbeda Pada Air-Lift Fermentor*. Jurnal Biodiversitas Volume 8, Nomor 4 Halaman 253-256